# Eine Bemerkung über sogen. automatische Muskelunterbrecher.

Von

**G. N. Stewart,**

Professor der Physiologie.
Western Reserve University, Cleveland U. S. A.

---

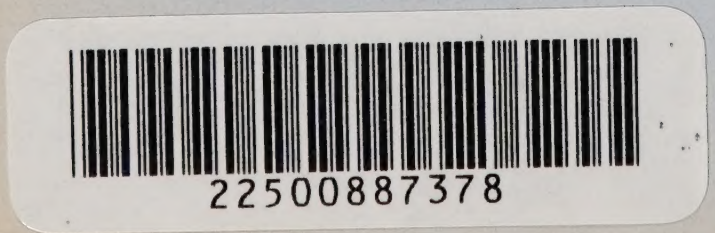
(Mit 4 Textfiguren und Tafel II.)

---

**Bonn, 1902.**

Separat-Abdruck aus dem Archiv für die ges. Physiologie Bd. 90.

Verlag von Emil Strauss.


22500887378

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. wellMOmec
Coll. pam
No. WE 500
1902
S85b

# Eine Bemerkung über sogen. automatische Muskelunterbrecher.

Von

**G. N. Stewart,**

Professor der Physiologie. Western Reserve University, Cleveland U. S. A.

(Mit 4 Textfiguren und Tafel II.)

In seiner Bemerkung über Błazek's Artikel: „Ein automatischer Muskelunterbrecher“ (Pflüger's Archiv Bd. 85 S. 529, 1901) hat Kuliabko (ibid. Bd. 87 S. 100, 1901) erwähnt, dass ungefähr dieselbe Einrichtung in meinem Lehrbuch (Manual of Physiology, 1. Aufl. p. 493, Fig. 146, London 1896) (siehe auch 3. und 4. Aufl.) abgebildet und beschrieben ist. Ich habe 1887 die automatische Methode benutzt, um die Ermüdung des Muskels zu studiren unter Bedingungen, die etwas von den gewöhnlichen abweichen. Ich habe meine Einrichtung, oder vielmehr Einrichtungen, weil ich mehrere gebraucht habe, meinen damaligen Collegen, Herren Prof. William Stirling und Dr. A. F. Stanley Kent, im physiologischen Laboratorium zu Owens College, Manchester, England, gezeigt, wie auch dem verstorbenen Prof. Rutherford aus Edinburgh. Eine kurze Mittheilung, nebst sieben Reihen von Curven, bildete einen kleinen Theil von einer These, die ich im Frühling 1888 für den „Gunning Prize“ in der Universität zu Edinburgh eingesandt habe. Die „Examiners“ waren Prof. Rutherford und Dr. Augustus Waller aus London. Die ersten Portionen von zwei von diesen Curven sind im Manual of Physiology 1. Aufl. Fig. 146 und 147 und in allen folgenden Auflagen abgebildet. Sonst aber bleibt dieser Theil meiner These noch unveröffentlicht.

Für die meisten Versuche brauchte ich automatische Unterbrechung des primären Kreises eines Inductoriums durch den Hebel des Myographions. Der Muskel resp. sein Nerv, war in dem secundären Kreis eingeschaltet, wie in Fig. 1 abgebildet. $K$ ist die Kette (immer ein Daniell'sches Element); $P$ die primäre, $S$ die secundäre Rolle; $A$ die Drehungsachse des Hebels; $N$ eine Nadel, die mit dem

Quecksilbergefässchen *Hg* den Unterbrecher bildet. Der Einfachheit halber ist *N* in directem Zusammenhang mit einem Draht von der primären Rolle abgebildet. Natürlich könnte ich mit Vortheil diesen mit den unbeweglichen metallischen Theilen des Myographions verbinden. Bei der Erschlaffung des Muskels wird der Contact *N* aus dem Quecksilber gezogen, wodurch der Muskel oder Nerv einen Oeffnungsschlag empfängt. Wenn der Abstand der Rollen so klein ist, dass der Schliessungsschlag auch wirkungsfähig ist, so erhält das

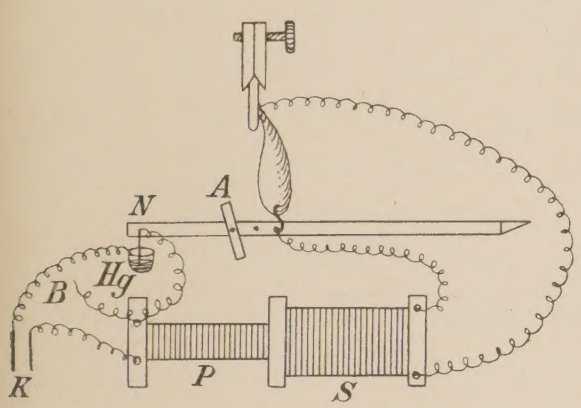



Fig. 1.

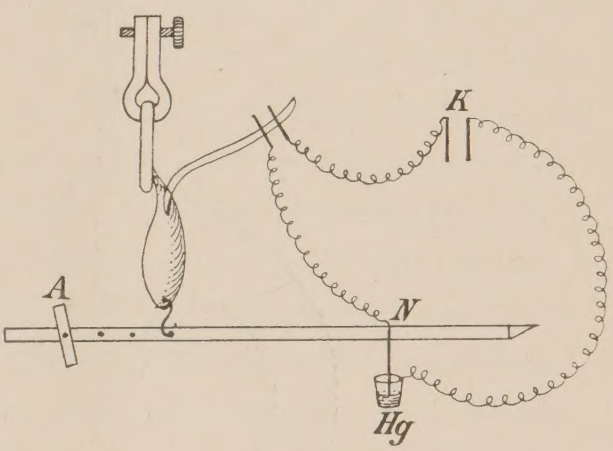



Fig. 2.

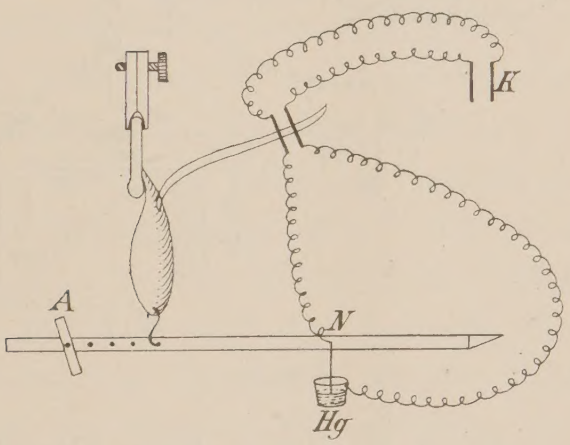



Fig. 3.

Präparat natürlich beide Schläge rasch hinter einander. Doch kann man den Schliessungsschlag leicht eliminiren durch Verschiebung der secundären Rolle, was in meinen Versuchen immer geschehen ist. Da im Anfang eines Versuches die Nadel *N* nicht in Berührung mit dem Quecksilber ist, so benutzte ich den Draht *B*, um die automatische Erregung in Gang zu setzen, durch momentane Schliessung des primären Kreises. Fig. 8 mag als Beispiel der Curven dienen.

In anderen Versuchen brauchte ich die automatische Unterbrechung eines galvanischen Stromes ohne Inductorium. Entweder

war der Nerv in demselben Kreise wie *N* und *Hg* (wie in Fig. 3) eingeschaltet, oder der Contact bildete eine Nebenschliessung zu den Nerven (wie in Fig. 2). Im ersten Fall (Fig. 3) entsteht eine Schliessungszuckung, wenn *N* das Quecksilber berührt. Natürlich kann auch bei genügender Intensität des Stromes eine Oeffnungserregung entstehen, wenn *N* den Contact mit dem Quecksilber bricht. Aber die Schliessungserregung ist die unerlässliche, wenn man eine Reihe von Zuckungen erhalten will, denn wenn der Contact ein Mal

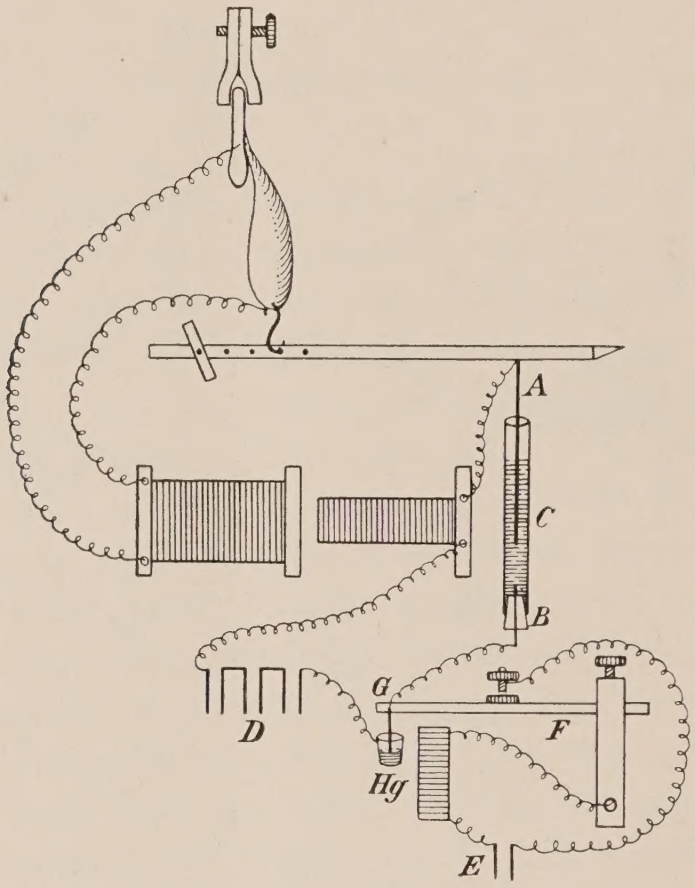



Fig. 4.

ohne Zuckung gemacht ist, so gibt es keine Ursache, warum *N* das Quecksilber verlassen sollte. Mit einem Daniell'schen Element und der Einrichtung von Fig. 3 fand ich, dass nur der absteigende Strom die Fähigkeit besitze, eine Reihe von Zuckungen automatisch auszulösen. Diese Thatsache entspricht offenbar dem Pflüger'schen Zuckungsgesetz für den Fall des „starken" Stromes. In Fig. 6 und 7 ist eine der so erhaltenen Curven abgebildet.

Mit der Einrichtung von Fig. 2 bildet die Nadel *N*, wenn sie das Quecksilber berührt, eine Nebenschliessung für den Kettenstrom, wobei der Nerv eine Oeffnungsbewegung empfängt. Wieder kann das Präparat auch eine Schliessungserregung empfangen, wenn *N*

das Quecksilber verlässt. Nichtsdestoweniger ist die Oeffnungserregung die unerlässliche, um eine Reihe von Zuckungen zu veranlassen, denn, wie oben bemerkt, gibt es keine Ursache, warum der Contact ein Mal gemacht, die Nadel das Quecksilber verlassen sollte. Mit einem Daniell'schen Element ist nur der aufsteigende Strom wirksam als Reiz für eine automatische Reihe von Zuckungen. Dies ist wieder in Uebereinstimmung mit dem Zuckungsgesetz, welches sich sogar durch Abstufung der Stromintensität in interessanter Weise durch diese beiden Einrichtungen demonstriren lässt. Fig. 5 ist ein Beispiel der Curven, die man durch die Einrichtung von Fig. 2 erhält.

Wie ich in meiner Mittheilung bemerkt habe, „haben diese Methoden ein gewisses Interesse, weil sie erlauben, die Ermüdung unter etwas neuen Bedingungen zu studiren. In einem gewöhnlichen Ermüdungsversuch empfängt das Präparat den Reiz in gewissen Zeiträumen von constanter Dauer. Es scheint mir nicht ohne Werth, Curven zu erhalten, wo der Muskel niemals während seiner Verkürzung oder im Laufe seiner Erschlaffung gereizt wird, aber auch niemals einen Augenblick von Ruhe nach vollständiger Erschlaffung erlaubt wird. So würde der Muskel immer in einer oder anderer Phase des Verlaufes der Contraction sich befinden, und der Verlauf der Ermüdung sollte verschieden sein, erstens von dem bei Tetanus, wo die Verkürzung permanent ist, und zweitens von dem bei gewöhnlichen Ermüdungsreihen, wo man Perioden von vollständiger Ruhe erlaubt. Der Muskel in meinen Versuchen konnte sich nur während der Erschlaffungsphase erholen." Ich betonte, dass unter diesen Umständen „die Treppe im frischen Präparat immer sehr deutlich ist. Mit der Zeit wird der Zuwachs in der Breite der Zuckungscurven zuerst viel deutlicher als die Abnahme der Höhe. Selbstverständlich ist die Methode sehr geeignet, um diesen Unterschied zu Tag zu bringen." Die Höhe der Contraction nimmt natürlich auch bis zur vollständigen Ermüdung ab.

Damals machte ich auch einige Versuche (nicht in meiner Dissertation erwähnt), um einen Vergleich zwischen den Curven von vollständigem Tetanus, wie man sie beim gewöhnlichen Verfahren mit spielendem Wagner'schen Hammer erhält und deren, welche erhalten sind, wenn die Intensität der Erregung proportional der Verkürzung des Muskels automatisch abnimmt, darzustellen. Zu diesem Zweck schaltete ich im primären Kreise eines Inductoriums einen aufrechten analgamirten Zinkdraht (*A* Fig. 4) ein. Dieser Draht, welcher mit

dem Hebel des Myographions verbunden war, tauchte in ein aufrechtes, mit gesättigter Zinksulfatlösung gefülltes Glasrohr *C*. Unten war das Glasrohr von einem Kork geschlossen. Durch den Kork wurde ein zweiter Zinkdraht *B* eingeführt. Die Zinksulfatsäule war so lang, dass *A* niemals die Lösung verlassen konnte. Wie man leicht sieht, bildet diese Einrichtung einen veränderlichen Widerstand im primären Kreise. Bei der Verkürzung des Muskels nimmt der Abstand zwischen *A* und *B*, und somit der Widerstand des primären Kreises zu. Da der Widerstand der primären Rolle unbedeutend im Vergleich mit dem der Zinksulfatsäule ist, so ändert sich die Intensität des Stromes in dieser Rolle, und daher die Intensität des inducirten Stromes in der secundären Rolle (welche mit dem Muskel resp. dem Nerven in Verbindung steht), in umgekehrtem Verhältniss. Der primäre Kreis war mit drei Daniell'schen Elementen *D* gespeist. Ein besonderer, von einem Element *E* gelieferter Strom bewirkte die Bewegung des Wagner'schen Hammers *F*, und dieser Strom war ganz von dem primären Kreise isolirt. Die Unterbrechung des letzteren geschah durch die Platinspitze *G*, welche in das Quecksilbergefässchen *Hg* eintauchte. Natürlich können Kupferdrähte in gesättigter Kupfersulfatlösung statt Zink und Zinksulfatlösung gebraucht werden. Man könnte auch den veränderlichen Widerstand im secundären Kreise einschalten. Da die Polarisation bei den Wechselströmen eliminirt ist, so könnte in diesem Fall Platindraht in schwacher Salzlösung den Widerstand bilden. Wenn man den beweglichen Draht auf einer, und den Muskel auf der anderen Seite der Drehungsachse des Hebels stellt, so erhält man eine Einrichtung, welche die Intensität des tetanisirenden Stromes in directem Verhältniss zu dem Grad der Zusammenziehung des Muskels automatisch verstärkt.

Fig. 9 liefert ein Beispiel der durch die Einrichtung von Fig. 4 erhaltenen Curven. Es ist eine merkwürdige Erscheinung, dass die maximale Höhe der tetanischen Contraction, wenn man die Intensität der Reizung im Laufe der Verkürzung automatisch vermindert, grösser ist, als wenn die Stärke der Reizung während der ganzen Dauer des Tetanus normal bleibt.

## Erklärung der Tafel II.

Sämmtliche Curven sind von links nach rechts zu lesen.

Fig. 5. Curven von einem durch die Einrichtung von Fig. 2 indirekt gereiztem Froschgastrocnemius. Curve I von dem frischen Präparat. Zwischen Curve I und II war eine Ruhepause von 10 Minuten, zwischen II und III eine von 20 Minuten eingeschaltet. Zeitmarkirung, jeder Abschnitt 2 Secunden.

Fig. 6 und 7. Curve von einem durch die Einrichtung von Fig. 3 gereizten Froschgastrocnemius. (Fig. 6 bildet die Fortsetzung von Fig. 7.) Die niedrigen, stark ausgezogenen Zuckungen (Fig. 6) waren bei einer zweiten Umdrehung der Trommel geschrieben, und repräsentiren daher die letzte Phase der Ermüdung.

Fig. 8. Curve von einem durch die Einrichtung von Fig. 1 gereizten Froschgastrocnemius. Zeitabschnitt je 2 Secunden.

Fig. 9. Curven von einem durch die Einrichtung von Fig. 4 tetanisch gereizten Froschgastrocnemius; *c* Schliessung, *o* Oeffnung des tetanisirenden Stromes. Zwischen die Tetani I und II und II und III war eine Ruhepause von 3 Minuten eingeschaltet. Die Dauer jedes Tetanus entsprach einer vollständigen Umdrehung der Trommel (ungefähr 50 Secunden).

Die senkrechten Linien $a$, $a'$, $a''$, $a'''$, $a''''$ werden auf eine stillstehende Trommel von einem Muskel geschrieben, welcher durch Inductionsreize von automatisch veränderter Stärke (Einschaltung der Zinksulfatsäule) tetanisirt war. Die Linien $b$, $b'$, $b''$, $b'''$ werden durch Tetanisirung desselben Muskels durch gewöhnliche Inductionsreize von unveränderlicher Stärke erhalten. Die Stromstärke im primären Kreise glich im letzteren Fall der Maximal-Stärke bei $a$, $a'$ etc. Die Reizungen für $a$, $b$, $a'$, $b'$ etc. folgten einander in dieser Ordnung nach genau gleichen Ruhepausen. Die Reizung wurde in jedem Falle fortgesetzt, bis die Contraction gerade ihre grösste Höhe erreichte.

Wie man sieht, sind $a$, $a'$ etc. immer grösser als die entsprechenden Ordinaten $b$, $b'$ etc. Dies ist nicht durch die wachsende Ermüdung erklärbar, denn der Unterschied zwischen $a$ und $b$, $a'$ und $b'$ etc. immer grösser ist als der Unterschied zwischen $b$ und $a'$, $b'$ und $a''$ etc.

Fig. 5.

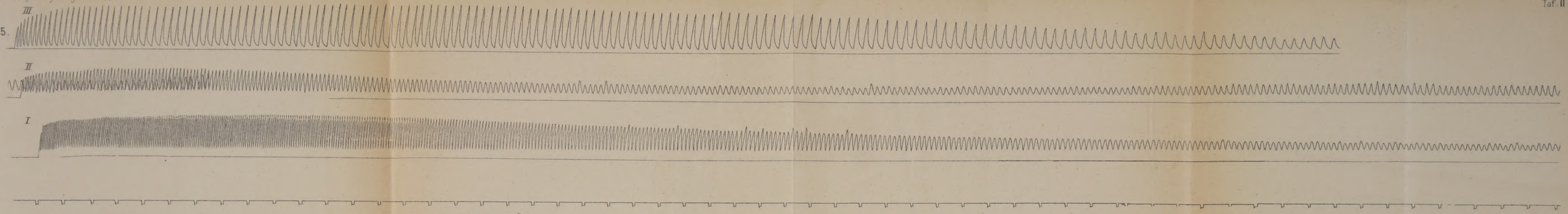



Fig. 6.

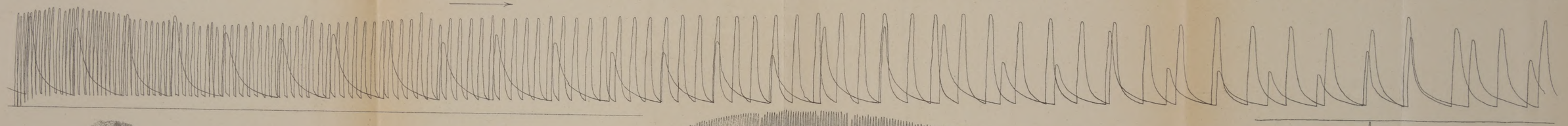


Fig. 8.

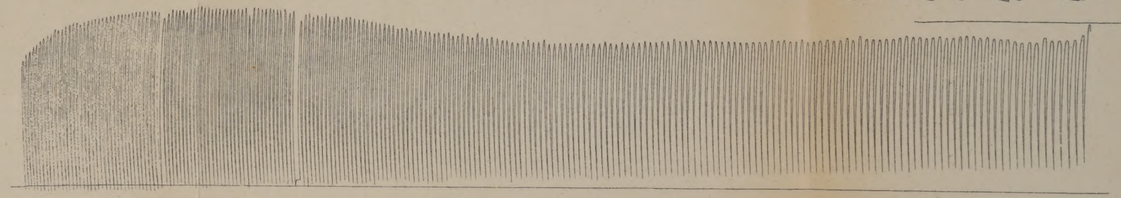
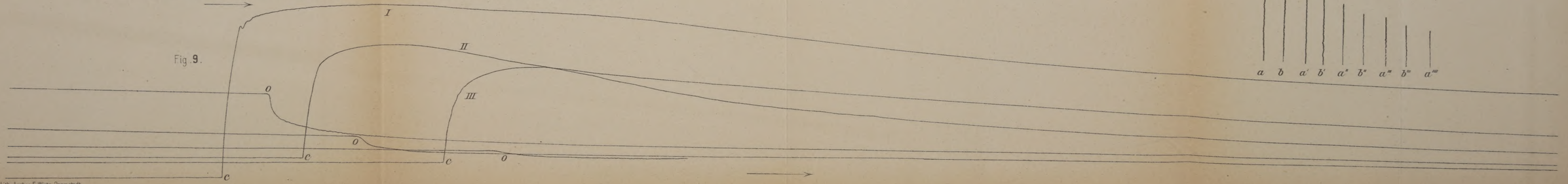
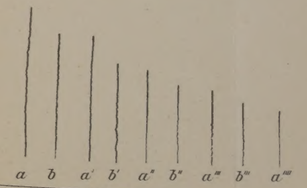


Fig. 7.

Fig. 9.




Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.